

複合發酵工法於環境污染問題之 應用

林正芳

國立台灣大學環境工程學研究所教授

吳萬益

惠民實業股份有限公司總經理

曾浩雄

尚潔環境工程公司技師

摘 要

全球人口暴增後因工廠大規模製造食物等物品，因此產生大量生活廢水、工廠廢液及廢棄物。致使全世界的環境遭到嚴重污染。

日本高嶋博士研發的有效微生物複合發酵工法，可利用智慧型之微生物，將環境污染物降解去除，並可大幅減少污泥量，甚至將已產生的污泥消弭於無形。是目前解決世界污染問題之良策，值得推廣實施，則可使污染物與生態保持平衡，甚至成功的轉換為資源，達到無公害之境界。

一、前 言

回顧人類有史以來，所有戰爭幾乎都是因糧食與能源之紛爭而起，然而最終勢將因無限的開發和惡性的競爭，而面臨與大自然衝突的窘境，因此人類必須積極學習與大自然和諧共存與共生，是故如何將開發後產生的污染物質與所含的剩餘能量轉成資源再利用，或利用對生態友善的方法來處理這些污染物質，已是目前刻不容緩的環境工程與科學目標。日本高嶋博士研發微生物複合發酵工法，利用對環境生態友善的生物處理方法於環境污染物之降解去除，此工法不需添加任何化學藥劑，包含不需任何消毒程序，即可利用其共存的微生物去除對人體有害的細菌如大腸菌或或其他病菌，及僅利用好氧生物處理方法即可大幅減少污泥



量，不需再用厭氧消化來分解剩餘污泥問題；此外該生物處理工法亦能使海水淡化及處理高鹽分的醃漬廢液。作者(吳與曾)兩度赴日考察，將考察所得撰文，供國內環工人士參考，期為國內污染防治與永續發展盡綿薄之力。

二、微生物(Microorganisms)

(一)地球上最早的生物

地球於 46 億年前誕生，此後 12 億年有細菌出現，其不斷進化使環境衍生變化，此時出現生命體即藍藻(Cyanobacteria)，藍藻利用太陽光將水與二氧化碳製成糖分，作為生存養分；吐出氧為廢氣，歷經長期演化，產生劃時代的能量代謝而成為微生物。數十億年來微生物一直持續吐出氧氣，此現象迄今仍持續進行，因此人類才能生存下來。

微生物(Microorganism) 包括細菌、病毒、真菌及小型的原生動物等的一大類生物群體，形體微小，卻與人類生活密切相關；微生物在自然界中可謂“無處不在，無處不有”，涵蓋了有益有害的眾多種類，廣泛涉及健康、醫藥、工農業、環保等諸多領域。專業分離生產之菌種有：原核：細菌、放線菌、螺旋體、支原體、立克次氏體、衣原體。真核：真菌、藻類、原生動物。非細胞類：病毒和亞病毒⁽¹⁾。

(二)微生物之演化

藍藻出現至今仍可左右厭氧微生物(Inaerobic Bacteria)之生死，厭氧微生物乃開始物競天擇利用氧氣，甚至利用氧氣燃燒有機物以獲得能量，更進化為好氧性細菌(Aerobic Bacteria)；好氧性細菌為厭氧性細菌於藍藻排出氧氣，立刻感受大量能量循環的效果，而出現具有好氧與厭氧性質相反的微生物群，兩者為求生存，乃沿進化軌跡，至今人類也隨著其進化軌跡，讓體內同樣成為微生物代謝取代系統，由 60 兆細胞形成內臟再形成人類生命體。

地球上最初出現的是厭氧性-厭光的化學光合成微生物(Chemical Photosynthetic Bacteria)，因大氣出現氧，並在大氣中出現曙光而產生厭氧性-好光的化學光合成微生物(氫微生物)；好氧性好厭菌、好氧性好光菌的菌類是依據遺傳進化論開始分裂與多樣化繁殖。

微生物生長可分為：遲滯期（Lag phase）、對數生長期（Log phase）、穩定期（Stationary phase）和死亡期（Death phase），遲滯期菌體沒有分裂只有生長，當菌種進入一個新的環境，細胞內的核酸、酶等稀釋，此時細胞無法分裂，對數生長期時，細胞開始分裂，細胞生長很快，比生長速率幾近常數，當培養液中的營養物減少，廢物積累，導致細胞生長速率下降，此時進入減速期和穩定期；最後當細胞死亡速率大於生成速率，此時進入死亡期。對初級代謝產物，在對數生長期初期就開始合成並積累，而次級代謝產物則在對數生長期後期和穩定期大量合成⁽²⁾。

(三)發現微生物

300 年前荷蘭業餘愛好者(本業是布料商)雷文霍克 (Antony van Leeuwenhoek, 1632 ~1723)，用自製可放大 750 倍的顯微鏡，於 1676 年發現細菌及其他微生物，圖 1 是他觀察牙垢刮取物時所發現的微生物，A、B、F 是桿菌、E 是球菌、G 為螺旋菌，C~D 表示 B 桿菌具有移動能力(圖面來源是雷文霍克於 1683 年 9 月 17 日致英國倫敦皇家學會(Royal Society)的一封信⁽³⁾)。

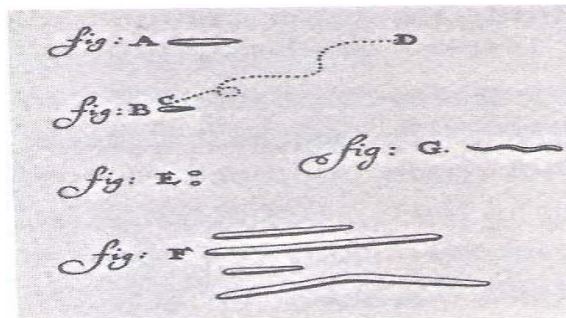


圖 1 桿菌、球菌及螺旋菌放大圖

(四)微生物之特性

微生物有好氧性好光菌、好氧性厭光菌、厭氧性好光菌、厭氧性厭光菌等四種特型；好氧性微生物包括硝化菌（Nitrifying Bacteria）、乳酸菌（Lactobacillus Rhamnosus）、酵母菌（Saccharomyces cerevisiae）；厭氧性菌微生物包括放射線菌（Actino-Bacteria）、酪酸菌（Clostridium Butyricum）、根瘤菌（Rhizobia）、脫氮菌、綠硫菌、紫硫菌，能分離可兼性厭氧之光合菌--紫色非硫菌，因此細菌在厭氧的情況下，可行光合作用，也可以行化學自營生活；厭氧性菌微生物按其對氧的喜惡程度可分為微需氧菌、兼性厭氧菌和專性厭氧菌；微需氧厭氧菌在低濃度氧的條件下也能生長；兼性厭氧菌在有氧



和無氧的條件下均能生長；而專性厭氧菌在有氧存在時不能生長，即使在採集或運送標本過程中暴露在無氧環境下細菌也會迅速死亡。

(五)微生物之分類

1. 單一微生物 (Single Organism)

單一微生物是利用純粹單一培養(Single mono-culture)分離培養的微生物，其基本物質及代謝的關係只能生成一種發酵物質。

2. 複合微生物(Microorganisms)

純粹培養單一微生物並不可能排除其他 99.9% 多種多樣的微生物，縱使培養出單一微生物，其在自然界中也無法生存，自然界中幾乎都是複合微生物。

(六)微生物之能力

地球微生物群有無法估計的能力，微生物可分解自然界的氮和其他元素可淨化環境。只要創造厭氧性菌類與好氧性菌類共存、共榮及共生的系統，讓微生物的原始化學光合成微生物(融合性微生物)重現，使微生物的融合與酵素的結合結晶產生物質的代謝與交替，能源反復置換與交換，利用情資與能源觸媒，讓厭氧性微生物發生效合作用，產生具有能夠解決所有污染物質的基質性、機能性以及智慧性微生物，微生物是地球上所有生物生命所需基本元素氧的製造者，也是其體內免疫力作用的原動力，賦有接受宇宙能量的任務，是人類自古能維持生命的要素之一，微生物的存在給人類極大的恩惠，沒有微生物，人類將無法生存。

三、發酵(Fermentation)

(一)發酵的定義

發酵定義因運用的不同而異，通常所說的發酵，多是指微生物細胞將有機物氧化釋放的電子直接交給另物本身未完全氧化的某中間產物，同時釋放能量並產生各種不同的代謝產物。如果在能量轉換中，基質(電子供應者， DH_2)，以及在基質氧化時所合成的電子接受者為有機化合物，且沒有參與轉換過程，就稱為發酵⁽⁴⁾。

埃及人很早就知道利用醱酵製造酒類，造酒的原理是利用穀類或水果中的糖分，培養酵母菌使之生長發酵，所產生的代謝物，一部份是酒精，另一

部份芳香物質，造就吸引人的酒類風味。古人不知酵母菌的作用，因此覺得造酒過程中有種神奇的轉換力量，可以把穀類或水果變成好喝的酒。

1785年，法國化學家 Antoine Laurent 認為發酵作用是一種化學變化的過程，所謂發酵是物質被微生物分解的意思。自然界環境之淨化，在體內發生物質之分解，都靠微生物之「二分解的科學」不可。在人消化系統內的細菌有助於摧毀免疫、合成維生素(例如葉酸和生物素)，並且使複雜的難消化的碳水化合物發酵。

1858年柏林 Moritz Traube (1826—1894) 認為在酵母菌中有某種化學物質體 (Chemical Body) 能導致發酵作用，直到 Berthelot 發現酵母菌中有一種酵素稱為轉換酶 (Inver-tase)，使得蔗糖轉變成葡萄糖和果糖；他認為糖像是一個尚未加工過的物質，經過發酵過程產生酒精及二氧化碳，因此認為是由於化學作用使糖分子被分解形成酒精及二氧化碳⁽⁵⁾。

(二) 發酵種類

發酵分為五種方式，以發酵食品為例，乳酪是單發酵；味噌是複發酵；酒是平行發酵；啤酒是平衡復發酵；白酒是固體發酵，另因發酵時菌種之多寡又分為：單獨發酵及複合發酵。

1. 單獨發酵 (Single Fermentation)

單獨發酵是單獨而非聯合進行，是單一微生物將物質分解，饅頭和乳酪就是典型的單獨發酵，現代技術而言，單一微生物發酵已可藉由復發酵並行之，此乃製造日本清酒之技術。

2. 複合發酵 (Complex Fermentation)

發酵方法均賴微生物之好氧性好光菌、好氧性厭光菌、厭氧性好光菌、厭氧性厭光菌等四種類型之共存與共生而進行，如此藉由生物科技及高科技之融合而生成現代最先端的智慧型微生物工學，即為複合發酵。

(三) 發酵過程

發酵過程中，活細胞能從葡萄糖的分解和不需氧的其他簡單糖分子獲得熱量，與發酵有關的是葡萄糖，科學家認定發酵過程中首先是從有機化合物獲得能量後才逐步形成，微生物在複合發酵過程中，首先是好氧性發酵微生物開始起作用，好氧性發酵微生物即所謂的酵母及乳酸菌等，它可製造出阿米諾酸(Amino Acid)、醣類(羥基醛，酮或水解時產生的化合物)、維他命及礦物等生理活性物質，將大腸菌、絲狀菌 (Sporothrix Schenckii)、雜菌等好氧



性有害菌予以抑制或清除。絲狀菌及雜菌類等好氧有害菌類的繁殖，會進而使乳酸菌(Lactobacilli)、酵母(Yeast)轉換為通性病毒(Virus)及病原體(pathogen)等厭氧性之有害性菌，當前述兩種菌互動作用，固氮菌屬之球菌(azotobacter)及根瘤菌便開始互動，接著乳酸菌成為通性厭氧性乳酸菌，從而出現放線菌並造製造出抗菌性物質，將細菌、病原體、病毒、立克次氏體屬微生物等好氧性有害菌予以清除。

這兩種淨菌因連動作用，氮氣固定菌屬之球菌、氨基菌(Amylo-bacter)、根瘤菌等會因空氣中之氮氣及所有氣體之進入而成氮氣固定菌，最後是光合成菌(Photosynthetic Bacteria)、藻菌類(Phycomycetes)、化學光合成微生物因二氧化碳、氮氣而促成光合作用而進行置換和交換，如此發酵微生物、放線菌、氮氣固定菌及光合成細菌、藻類光合成微生物等之合成型微生物若強烈連動，最後將成為理想的發酵合成型(複合發酵)生態系，而生成微生物融合及酵素結合結晶⁽⁶⁾。

(四)複合發酵的事實

1945年8月6日及9日美軍在日本廣島及長崎分別各投下原子彈後，全世界物理學家一致認為，此後十年內其四周將無法長出任何植物，然而三個月後就發現有雜草萌芽，一年後更長出稻米、大麥、黃瓜、茄子、青菜等，全世界的物理及生物學家大為驚訝，事後科學家集體研討，此乃土壤中的菌種起了複合發酵作用，進而將其四周之放射線予以分解而消失，由此可證明複合發酵工法確可將所有物質、分子、原子、核子、放射能予以分解消失。

(五)複合發酵的程序

複合發酵使單獨發酵進而復發酵、並行復發酵及平衡復發酵、在固體發酵的連動和作用引起基礎物質代謝和交換並生出微生物能量激素的狀態，使其將所有微生物有效地導入生態系統，此微生物能量激素將形成連動循環，也是微生物的循環作用，實現其共存與共生之狀態。

由微生物發生延遲作業，其實並非至今所認知的分解，而是「合成、融合(Synthetically Fused)」使之延遲反應，亦即好氧細菌、厭氧細菌之腐敗作用，進而合成作用因環境條件促成生態之變化。

因合成作用致生態變化之微生物群，可因「合成、融合」而無限增殖，此外生存環境之不同，微生物也可共存與共生，此乃微生物能量激素(Bio-intelligence)誘導所引發之無形環境，此處所稱之「能量激素」即為「複合酵素」，因微生物能量激素誘導所促成的抗氧化作用(Anti-oxidation)，抑制

活性氧氣之進行，藉由複合發酵而誘導「合成、融合」，使微生物之延遲作用能順利轉變，進一步發現在自然界複合微生物的共存關係，也是複合微生物動態系的複合發酵(微生物能量激素)工學與微生物能量激素生命工學及分子生物工學)。

四、EMBC 工法

EMBC(Effective Microorganisms Brewing Cycle)是「有效微生物循環發酵工學⁽⁷⁾」的簡稱，微生物之所以具有各種活動力，是靠高科技能量激素(High-technology Intelligence)及生物能量激素(Bio-intelligence)，亦即高科技材料工學(Spiral Wave Amorphous, SWA)及有效微生物發酵工法的「複合發酵」所生成智慧型能量激素。專業上簡而言之，Micro-organisms 是全部微生物群，Brewing Cycle 是循環培育，即複合微生物在動態系中發酵合成之循環狀態。

複合微生物(Microorganisms)在發酵合成的生態中循環(Brewing Cycle)培育下，全部因合成、融合之情資運轉，成為有益性並具有機能性，也就是生物科技之情資觸媒及能量激素。

EMBC 工法是將微生物加入發酵增殖槽內，讓好氧性好光菌、好氧性厭光菌、厭氧性好光菌、厭氧性厭光菌等四種有效微生物共存與共生，然後再將定量有效微生物導入曝氣槽活化，曝氣槽中有害物質與有害有機物產生惡臭的元素甲烷基等氣體進行發酵、分解、合成，接著再依次導入 2 至 3 座沉澱槽，在此藉由其下方之有效微生物，使活性污泥與處理水循環作用，再回到曝氣槽，並在此進行發酵、分解、合成，合成有效微生物群(好氧性菌與厭氧性菌)使之共生與共存，而非腐敗型之好氧性微生物，在曝氣槽活用有效微生物群的還原作用而發酵、分解、合成進而阻止惡臭及有毒氣體甚至有害物質之發生^(6·7)。

(一)EMBC 工法的特點

EMBC 工法的特點是在厭氧性-厭光的微生物，這種厭氧性厭光的微生物與光合成為生物能夠互相產生融合作用，成為共存與共生的源頭石化燃料煤碳會變成石油的關鍵也是厭氧性-厭光微生物與光合成微生物，也都與厭氧性-厭光微生物以及光合成微生物有關，萬物變成水、碳與氣體都是因為微生物所具有的巨大生化能量激素的機能，及酵素的力量所造成，這種機能、基質、能量激素能夠產生有效的作用，能夠將這個作用轉換成有效作用，是靠生化



科學的力量。21 世紀厭氧及好氧、分裂與合成、酸性與鹼性、氧化與還原、增與減之間，相生與相剋的關係及並存的環境力量，引領人類進入超越相對科學的新時代，EMBC 工法是由與腐敗、敗壞完全無關的有效微生物群發酵循環所構成。

(二)有效微生物群發酵循環之要點

- 1.發酵微生物(酵母、乳酸菌)：能生產氨基酸、醣類、維他命、生理活性物，以及使雜菌類淨化、殺菌的作用，乳酸菌能抑制雜菌，酵母菌能使其增殖發酵，此外還能製造生理活性物質。
- 2.固氮菌 (固氮菌、氨基菌)：能夠從空氣中吸收氮氣製造氮肥，具有利用生長在植物根瘤部的根瘤菌，促進生物發育的作用。
- 3.光合成細菌(光合成微生物)：吸收二氧化碳等進行光合作用，將分解菌、分解物、有機物、無機物、利用光與熱的能源進行合成，將所有的物質轉移成正電荷，是有效微生物當中的主力。
- 4.放線菌(抗菌物質產生菌)：除了能淨化、殺菌、病毒、病原體之外，還具有促進生物生長的作用。
- 5.抗氧化物(微生物、植物酵素結晶)：由微生物酵素及植物酵素結合結晶(合成融合)，具有生物半導體機能，能夠抑制氧化、敗壞、腐敗、分裂、讓微生物融合，促進複合發酵。

以前認為不可能厭氧性厭光菌、厭氧性好光菌、好氧性厭光菌、好氧性好光菌等四種微生物，同時發揮功能的認知將修正，使發酵--分解--合成所發生僅還原作用或抗氧化作用(氧化、還原作用同時存在時)，利用微生物所具有的機能、基質及能量激素，以智慧型微生物工學驅動發酵工法、增殖工法與誘導工法，有效導引全部微生物能共存與共生；這種狀態持續下去，1cc 的生菌數會增殖 10^7 ， 10^8 然後 10^9 ，此時微生物的形狀會縮小，並因凝集作用而呈固態化(偽死狀態)，但因為沒有細菌死亡，致使生菌數飛躍似增殖至 10^{20} ， 10^{30} 甚至 10^n ，由於微生物高密度化，產生微生物融合和微生物酵素的高濃度化因而產生酵素結合結晶，透過代謝、交替產生物質觸媒，與能源置換、交換產生能量激素，將所有能量激素引導產生有效作用，讓所有物質的正電荷予以轉移，這就是所謂的「複合發酵工法」。

(三) EMBC 分解有害物質的根據

發酵合成(複合發酵)狀態下微生物會產生作用。

1. 「發酵類」：以酵母菌、酵母等發酵微生物為主體，用在活性的有機物會產生發香味，產生大量的麴黴。**Fuzalium** 占有率在 5% 以下，行程耐水團力強，變得膨軟促進無機養分的可溶性，活的氨基酸、醣類、維他命以及其他生理活性物質會變多，能夠促進、改善生物的發育、抑制氧化腐敗的氣體產生。
2. 「合成類」：以光合成細菌、藻菌類、固氮菌等合成型微生物占多數，水分安定，只要給予少量的有機物就會讓生育肥沃，**Fuzalium** 的占有率低，多與淨化菌型微生物連動，能抑制腐敗氣體產生。
3. 「發酵類合成類」：如果強力連結的情況，就會發生發酵合成型(複合發酵)，最理想的生態，完全不會產生腐敗，能將微生物所有的有害作用導引成為有益效果，此即有效微生物群(Effective Microorganisms, EM)。

(四) EMBC 與傳統生物工法⁽⁸⁾

現今使用的廢水處理法就是利用好氧性-好光的微生物進行發酵-分解-腐敗分裂等階段進行處理，故會發生氫氣(H⁺)的有害作用，例如製造惡臭、污泥堆積、處理後的水質不佳等情形，而且其硬體造價較高、藥劑使用量較多、又會產生大量的污泥；新開發的廢水處理 EMBC 是讓好氧性好光菌、好氧性厭光菌、厭氧性好光菌、厭氧性厭光菌四者工作(如圖 2)共存使之發酵--分解--合成--發酵循環作用，而產生還原(OH⁻)有效作用，完全不使用化學性的處理方法，其處理效果更勝過有害物質之化學氧化作用，例如使惡臭及污泥的消失及使處理水質得以完全淨化等。

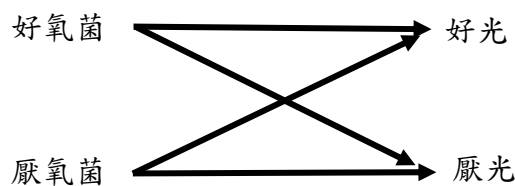


圖 2 微生物四種特性之管道圖

EMBC 工法是在曝氣槽定量加入酵素使之發酵、分解，與傳統活性污泥法生物處理比較兩者雖都有曝氣槽，但最大的差異是後者並未對微生物特別加以選擇，而自然界中又存在著很多腐敗型之好氧性微生物，它會阻止腐敗、



分解作用，因此產生惡臭及有毒氣體，甚至生成有害物質。

傳統活性污泥法採用所謂高級處理及薄膜分離技術等將固液分離，並認為剩餘污泥只是水分與污泥，其實在其濃縮水裏仍殘存污染物質，勢必成為環境污染源。

與之相反，複合發酵是藉由複合微生物生成酵素的力量分解、消失污染物質，即自然的力量(複合微生物群)。實際上在日本工業廢水使用 EMBC 工法而不需經 RO 處理得以 100%再循環再利用的工廠實績，已經連續運轉 3 年以上，此家工廠(日本中部產業服務北寺島工廠)，每日廢水量約 350 立方公尺(最大 400 立方公尺)，因為實施水再循環利用，每年能節約大約 13 萬立方公尺的水，如果採用 EMBC 工法亦可將工廠廢水、下水道、農業廢水及海水、鹽水(被鹽份污染的水)全部予以淨化，成為淡水⁽⁹⁾。

(五)處理設備及方法

1.發酵增殖槽

增殖槽是 EMBC 工法的一項特殊設備，讓有效微生物群發酵增殖所使用的加壓槽，其特徵是讓發酵微生物以及淨菌微生物共存與共生，而使用的衝擊方法，發酵合成(複合合成)對厭氧性微生物及好氧性微生物的共存、與共生非常重要，在從前是不可能達成的，能夠解決這情形的主因，即是這加壓型發酵增殖槽，它將微生物的機能、基質(基礎)、能量激素予以加壓使之不會發生腐敗、氧化、敗壞，以製造能夠發酵的狀態。

處理時槽內應維持 33°C 至 38°C，同時加壓(2Pa)使微生物高密度化，槽內設攪拌機，以便作適當之攪拌，以定量之有效微生物群包括好氧性菌(有對光性之喜愛與厭惡兩種)及厭氧性菌(有對光性之喜愛與厭惡兩種)加入槽內。

有效微生物群有：放線菌(抗菌物質生成菌)、發酵微生物(乳酸菌、酵母)、氮氣固定菌、氨基菌、光合成細菌、藻類、(光合成微生物)等數千種有效菌。

上述好氧性及厭氧性四種菌須作適當之配比，以利複合發酵，此時會產生微生物溶合及酵素結合並增殖之。

2.曝氣槽

在增殖槽培養出的有效微生物群，以污水量的 1/5,000 至 1/10,000 之比例加入槽中，槽底設鼓風機，以導入適量空氣。

將上述有效微生物好氧性、厭氧性四種菌均衡地混合使其發酵，能夠讓原來腐敗型的好氧性微生物不會因氧化作用產生腐敗、分解，而是利用有效微生物群的還原作用，處裡污水中有害物質，能使污水中的 BOD、COD 等的含量降至最低，最後污泥會變成水與氣體，處理過的水就可以當作可用的水再加以利用。

3. 沉澱槽

設 2 至 3 座，在此藉由其下方之有效微生物，使活性污泥與處理水循環作用後，再回到曝氣槽，並在此進行發酵、分解、合成⁽⁶⁾。

五、解決環境污染等問題

日本高嶋開發工學總合研究所的 EMBC 工法，除能有效真正解決環境污染問題外，還可處裡：有農藥(主要是有機氯、有機磷酸酯等)、畜產設施的糞尿、石油化學產品、氯系溶劑、重金屬、砷、氟及鹽份、生活廢水及工廠廢水等。EMBC 工法能利用發酵法、增殖法、誘導法，創造微生物的生態系統，產生微生物的耐性，產生對抗生素菌、接著再分解菌、產生分解酵素，在這種狀態下，培養增殖出耐衝性，換言之，此過程會在每個階段產生物質構造性的分解、分子構造階段的分解、原子階段的分解、原子核階段的分解、離子階段的分解，會產生毫米(Milimeter)、微米(Micron)、奈米(Nano)各個階段因微生物作用的差異，而在發酵期、發酵分解期、分解期、分解消失期、消失期各個階段，產生特定的微生物群，進行分解消失作用，此非傳統的物質觸媒、反應觸媒，而是因能源觸媒、能量激素所產生的作用。因此能夠視地球上所有污染物質的質與量狀況，成功地進行分解消失，從根本上淨化環境，並誕生 Entroy 能在生態當中復甦的系統⁽⁶⁾。



六、可淨化環境之項目

目前世界上所面臨的問題，最主要的是人口暴增，人口增加必然衍生糧食等問題；巴西政府就因為要解決其糧食上的需求，將亞馬遜河流域沿岸的原始森林予以砍除，作為其生產農作物與養殖畜牧之用地，造成氧氣生成量減少，二氧化碳增加，世界氣候暖化等；另外所有產業廢液、廢水、廢棄物、生活廢水、一般排水、工廠排水、自然界的污染物質、用水量、能源甚至環境(包括土地)污染等問題，都會因人口之增加而更嚴重。

這些問題都可使用微生物能量激素工學之複合發酵法，利用微生物的機能、基質與能量激素予以分解，例如：高濃度硼硝、氫氣等無機物、PVA、鈉、介面活性劑、動物性及植物性油脂、飼料製造廢水(血液、油脂)、製餡廢液之蛋白質、各種色素、臭氣、高濃度鹽分、高濃度澱粉、血液(血色素)、生活廢水中之有害物質、污泥、過氧化氫、次亞氯酸、蘇打、污泥餅脫水、社區水肥、造紙污泥、農藥廢液、濃鹽酸、重金屬、顯像液及定著劑中之無機物、EDTA、合成剝離劑(高分子溶劑)、人與豬之高濃度糞便尿液、無機化學藥品、重油流出、PCB 及各種重金屬污染殘土、IT 相關劇毒廢液、核廢料等⁽⁸⁾。

七、應 用

2001 年 6 月，日本高嶋開發工學總合研究所和大型化學工業公司合作、在該社小組的聯合企業場內，將海水和工廠廢水混合的水予以淨化，實際證實該項技術確可進行海水淡水化。

亞洲國家如：新加坡、韓國、印尼(巴里島)、越南、泰國、汶萊、杜拜，阿布拉比、中國、台灣等的政府單位及企業有關人員都曾前往日本考察、並了解這項商務計畫的價值，期待簽訂合作計畫；無論是物質混合而成的污水都可淨化成淡水，這項技術具有明顯優勢；從小規模設備到大規模設備都可設置，而且污染物質不需要處理(包括污染物質的污泥的燃燒，掩埋等)，和以前的處理方法比較，其成本明顯的低，即使這點也能顯現技術的優勢質量；因為利用自然的力量(微生物)，先進國家與開發中國家都可以採用，維護容易⁽⁹⁾。

八、核廢料試驗

(一)緣起

民國 90 年初，時任行政院原子能委員會主任委員胡錦標先生、台灣電力公司核廢料後端處處長林明雄先生、經濟部水資源局顧問陳茲國先生、羿進綠化公司董事長林恆德先生與作者(曾)前往日本靜岡縣沼津市高嶋開發工學總合研究所，考察「有效智慧型微生物發酵循環法工法，並參觀在靜岡縣進行之農藥廢液處理、水肥及污泥處理、放射性物體之分解、PCB 多氯聯苯汙染地之復原等處理設備及其處理情形。

回國後經就考察所得的資料及其實績加以研判，咸認其工法確可有效處理生活水廢水、各種產業之廢棄物及放射線物質等，乃決定投資新台幣一仟多萬元正式引進該技術，並先在核能研究所就分解鈾-137 進行試驗。

(二)開始試驗

該項試驗於 90 年 2 月 1 日開始籌備廢料實驗設備(包括在研究所內加蓋一座試驗場房其試驗場房內外部照片如圖 3 及圖 4)。

第一階段試驗，自 4 月 1 日開始投入試料(Cs-137)至 5 月 20 日完成。當時的行政院原子能委員會副主任委員歐陽敏盛先生還鼓勵繼續努力，因此第一階段試驗，自 4 月 1 日開始至結束後再進行該第二階段試驗(自 6 月 15 日至 8 月 15 日完成)，9 月 30 日又再做一次即停止。



圖 3 核廢料試驗場房外部照片



圖 4 核廢料試驗場房內部照片



(三)試驗結果

全部試驗工作前後進行八個月，最後原子能研究所乃正式於中華民國九十一年二月五日以核綜字第 0910000802 號函檢送完成試驗報告一份給當時出面洽辦的昇進綠化工程公司，報告內 P7-1 所列之「7.結論與建議」明示：「1. 複合微生物養成動態系統處理放射性廢液試驗，發酵，歷經兩階段試驗，操作期間約二十二週，最後總檢驗計算結果：實際進出料銻-137 總活度減量為 366.943736MBq，進出料總活度減量百分率為 50%，每周約 2.3%活度減量之效能，顯示本試驗期間放射性物質活動度具有減量現象。由於這只是初步測試結果，為證明微生物具有降低放射性核種銻-137 活度能力，仍有待進一步重複多次試驗。2.本試驗微生物反應槽中固形物之比活度 728.7Bq/～6390.9 Bq/固/液活比為 55.63～173.5，顯示此微生物對銻-137 具有良好吸附分離效果。3.複合微生物養成動態系統處理放射性廢液，設備改進與程序量測儀器增設，最佳操作條件獲得與控制，系統適用核種與活度範圍，處理效率提昇，與現行廢液處理程序組合，及降低操作成本等，為未來本項工作之努力方向。」⁽¹⁰⁾。由此可證明該工法對消除放射線元素確實有效。

九、EMBC 工法處理高濃度鹹菜醃製鹽水及污渣

(一)試驗背景

雲林縣大埤鄉以出產酸菜（台語：鹹菜）聞名全省，大埤酸菜的產量目前已占了全省酸菜市場的百分之九十以上，因而獲得了「酸菜王國」、「酸菜的故鄉」之美稱。冬季是芥菜（醃製酸菜的原料作物，台語：割菜）收割季節，通往大埤的馬路上，每天都可以看到一車車滿載芥菜的拼裝車，忙碌的往來穿梭於大埤的「下四庄」（包括怡然村、興安村、西鎮村、北鎮村）。

雲林的鹹菜醃製設備採用水泥桶，口徑約二十台尺，高約十二台尺，一桶一次可醃製四萬台斤。又為了節省一層芥菜一層鹽的排放時間，鹽份所占比例因而提高，每六百斤芥菜，要放十二至十五斤的鹽，在這種鹽份濃度較高芥菜又名刈菜可分兩類，一種專收種子榨成芥菜油是高品質健康食用油，另一種專供蔬菜用的則發源於台灣，也以台灣使用最廣泛，在各種蔬菜中葉片最長也最大，選來做為長年菜外型上已有其不能動搖的地位。酸菜製作過程產生之高鹽度廢水長久以來一直無法處理，此為雲林酸菜特區最需要立即解決的議題，為此擬規劃運用 **EMBC** 工法來進行雲林酸菜特區高鹽度廢水處

理可行性研究。

(二)處理模廠(Pilot Plant)流程

EMBC 工法處理雲林酸菜特區高鹽度廢水可行性研究之初擬方案為：醃製鹹菜所流出的廢水導入 1.受水池兼流量調整槽，槽前設攔柵以阻擋出菜葉之流入；槽底設鼓風機以增加水中之溶氧，另裝一流量調整泵，以定量方式抽至 2.發酵合成槽，槽內分為數小槽，廢水以溢流方式流至鄰槽，槽底亦設鼓風機以增加水中之溶氧，流至最後一小槽的廢水，再導入 3.沉澱槽，其上澄液再流入合成槽，然後進入 4.礦物接觸槽，最後流入 5.中繼槽，至此可謂處理過程已完成且成為農業用水，必要時可增設抽水機，將已處理完成之清水可以逕行排放或回水再用，亦可再經逆滲透膜處理為高科技產業用之超純水；經過逆滲透膜淨水處理後之濃縮水再流回受水池，處理過程最主要的酵素須以一定之容量持續加入廢水中，因此須另設 7.複合發酵槽。發酵合成(複合成)對厭氧性微生物及好氧性微生物的共存、共榮、共生非常重要，在以前是不可能達成的，能夠解決這重情形的要因，就是這個加壓型發酵增殖槽，它將微生物的機殖所使用的加壓槽，它的特徵是讓發酵微生物以及淨菌微生物共存與共生而使用的衝擊方法，8.增殖槽，槽中以培養所需之菌種，進而增殖酵素，然後以加葯泵，以定量方式添加至設有發酵菌床之混合液中之懸浮固體物 MLSS (Mixed Liquor Suspended Solid)發酵槽，定量加入受水槽，增殖槽是為了讓有效微生物群發酵增能、基質(基礎)、能量激素予以加壓使之不會發生腐敗、氧化、敗壞，以製造能夠發酵的狀態，上述流程詳如圖 5⁽¹¹⁾。模擬廠試驗目前已完成規劃，刻正進行設備與反應槽製造與組裝，後續即可正式進行實驗，大家可以拭目以待革命性的結果。

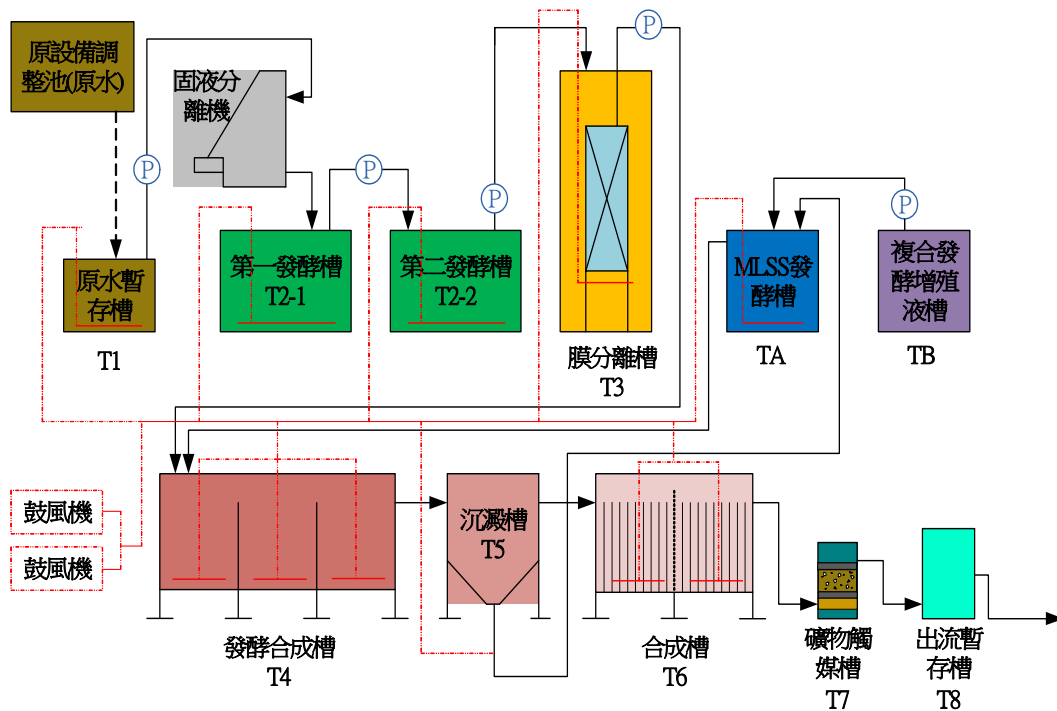


圖 5 雲林酸菜專業區高鹽度廢水處理模場流程示意圖

十、結語

20 世紀後葉因全球人口暴增，世界各地工廠乃大規模製造人類生活必須品，因而除了人類的生活廢水外；還有工廠廢液及廢棄物到處排放。造成全世界的環境污染等問題。這些問題若不妥予處理，最終勢將因無限的開發和惡性的競爭，而面臨與大自然衝突的窘境。

日本高嶋博士研發有效微生物複合發酵(EMBC)工法，可利用對環境生態友善的生物處理方法，將環境污染物降解去除。由於它不需添加任何化學藥劑，而且僅利用好氧生物處理方法即可大幅減少污泥量，若能廣為推展則上述問題將可消弭於無形，則污染物與生態就可保持平衡甚至成功的轉換為資源，達到無公害之境界。如此一來人類所受的束縛將因而獲得紓解。

參考文獻

1. 微生物學 維基百科，自由的百科全書 zh.wikipedia.org/zh-tw/
2. 微生物生長 mail.tajen.edu.tw/~tyhong/ppt/bacteri/ch6.ppt
3. 細菌之謎 Georg Schön 著，李中文譯 晨星出版公司出版 2006年5月
4. 發酵 zh.wikipedia.org/zh/
5. 發酵作用 <http://brc.se.fju.edu.tw/protein/character/history/history2.doc>
6. EMBC 情報微生物工學 高嶋開發工學總合研所著。行政院原子能委員會核能研究所譯
7. EMBC (Effective Micro-organisms Brewing Cycle) 高嶋開發工學總合研所 2010年
8. 複合發酵の環境 BIO 處理 高嶋康豪
9. 水資源プロジェクト高嶋開發工學 總合研所
10. 「有效微生物環發酵法處理放射性廢料試驗」報告 行政院原子能委員會核能研究所 2001年12月
11. 雲林鹹菜醃製場廢水生物處理模廠設計圖 高嶋開發工學總合究所